Aus der II. Medizinischen Universitäts-Klinik
und Medizinischen Universitäts-Poliklinik Hamburg-Eppendorf
(Direktor: Prof. Dr. Weitz)

Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Körperhaltung auf die Vitalkapazität der Lunge

DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Hansischen Universität

vorgelegt von

URSULA STARCK
aus Hamburg

Hamburg 1938

1. Berichterstatter: Dozent Dr. B u d e l m a n n

2. Berichterstatter: Prof. Dr. W e i t z

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Hansischen Universität

Druck: A. Preilipper, Hamburg 11, Admiralitätstraße 16

Die Vitalkapazität der Lunge setzt sich nach *Hutchinson* aus der Komplementärluft, der Reserveluft und dem Atemvolumen zusammen. Unter Reserveluft versteht man diejenige Luftmenge, die am Ende einer Ausatmung noch ausgeatmet werden kann und unter Komplementärluft diejenige Luftmenge, die am Ende einer Einatmung noch eingeatmet werden kann. Eine Verminderung der Vitalkapazität kann sowohl durch Behinderung der tiefsten Einatmung, wie durch Behinderung der tiefsten Ausatmung erklärt werden. Die Vitalkapazität läßt sich verhältnismäßig einfach ermitteln. Die Werte sind unter Berücksichtigung bestimmter Bedingungen, auch bei Verwendung einfacher Methoden, verhältnismäßig zuverlässig. Es ist aber notwendig, daß die Bestimmung mehrfach ausgeführt wird und daß die Werte Übereinstimmung zeigen.

Es ist immer wieder darauf hingewiesen worden, daß gesunde Menschen eine verschieden große Vitalkapazität haben und daß diese Unterschiede in einem gewissen Verhältnis zu anderen Körpermaßen stehen sollen. Die Vitalkapazität soll zur Körpergröße, zur Rumpfhöhe, zum Brustumfang, zum Atemspielraum und zum Körpergewicht in einem gewissen Verhältnis stehen. Hieraus hat sich die Frage ergeben, welche Beziehung am besten geeignet ist, den Sollwert der Vitalkapazität eines Menschen zu berechnen. Hierzu sind zahlreiche Untersuchungen angestellt worden. Es hat sich aber gezeigt, daß die meisten Berechnungsmethoden nicht völlig befriedigen. Dies erklärt sich vorwiegend daraus, daß z. B. die Thoraxform und die Thoraxgröße eines Menschen nur durch die Körpermaße ganz grob erfaßt werden können. Weiter ist das Lungenvolumen nicht nur vom Thoraxvolumen, sondern auch von zahlreichen anderen Faktoren, wie z. B. Thoraxinhalt, Rippenbewegung, Zwerchfellstand und Zwerchfellbewegung abhängig. Für klinische Zwecke kommt für die Berechnung der Sollvitalkapazität eines Menschen nur ein Verfahren in Frage, das bei einfachster Ausführung große Genauigkeit erwarten läßt. Nach *Anthony* ist die Beziehung der Vitalkapazität zum Sollgrundumsatz am einfachsten zu berechnen. Zur Berechnung des Sollgrundumsatzes eines Menschen stehen heute in jeder Klinik und jedem Arzt brauchbare Tabellen zur Verfügung. *Anthony* hat auf Grund von Befunden, die *Rainhoff* an etwa 1000 gesunden Studenten erhoben hat, das Verhältnis von Vitalkapizität zum Grundumsatz berechnet. Es ergab sich die Beziehung: Grundumsatz in Kalorien mal 2,4 = Vitalkapazität. Diese Berechnungsart ergibt bessere Werte für die Vitalkapazität als andere Körpermaße. Bei Menschen mit einem übermäßigen Körpergewicht

oder mit starker Abmagerung, bei denen also das Körpergewicht stark von der Norm abweicht, muß bei Berechnung der Vitalkapazität aus dem Grundumsatz das Körpergewicht in geeigneter Weise korrigiert werden. Es ist natürlich überhaupt zu berücksichtigen, daß bei der Beurteilung des Sollwertes der Vitalkapazität erhebliche Abweichungen vorkommen können, ohne daß ein pathologischer Befund vorliegen muß. Es empfiehlt sich, bei der Beurteilung der berechneten Sollkapazitätswerte als Abweichungsmöglichkeit mit einer Streuungsbreite bis 25% zu rechnen. Im ganzen kann man aber sagen, daß der aus dem Sollgrundumsatz eines Menschen errechnete Sollwert seiner Vitalkapazität ein klinisch verwertbares Urteil über den gemessenen Vitalkapazitätswert zuläßt. Wir haben daher bei den Untersuchungen, über die weiter unten berichtet werden soll, immer den Sollwert der Vitalkapazität der Versuchsperson aus dem Grundumsatz nach dem Berechnungsverfahren von *Anthony* errechnet und haben nur solche Versuchspersonen für unsere Untersuchungen verwandt, deren in Ruhe gemessener Vitalkapazitätswert unter Berücksichtigung der möglichen Fehlerquellen dem berechneten Vitalkapazitätswert entsprach, d. h. deren Vitalkapazitätswert ihrem Alter, ihrem Körpergewicht und ihrer Körpergröße entsprechend als normal anzusehen war.

Die Vitalkapazität eines Menschen kann aus den verschiedensten Gründen verändert sein. Es kann im Rahmen dieser Arbeit auf alle Ursachen, die zur Veränderung der Vitalkapazität führen können, nicht eingegangen werden. Es ist hinreichend bekannt, daß zahlreiche äußere Faktoren die Vitalkapazität beeinflussen können. Hierbei ist vor allem daran zu denken, daß die Vitalkapazität spirometrisch gemessen wird, und daß die Tatsache, daß sie von dem Willen der untersuchten Person beeinflußbar ist, eine erhebliche Fehlerquelle ihrer Bestimmung darstellen kann. Wenn man einzelne oder fortlaufende Vitalkapazitätsmessungen bei einem Menschen macht, ist stets darauf zu achten, daß die Untersuchungsperson, soweit es ihr möglich ist, ein- und ausatmet. Einen gewissen Anhaltspunkt hierfür hat man, wenn mehrere gemessene Werte, unter gleichen Bedingungen, miteinander übereinstimmen. Die Vitalkapazität wird am besten dadurch gemessen, daß die Versuchsperson nach vorheriger maximaler Inspiration in ein feuchtes oder in ein Trockenspirometer maximal exspiriert. Dabei ist darauf zu achten, daß die einzelnen Bestimmungen nicht zu schnell aufeinander folgen, da sonst Ermüdungserscheinungen auftreten, die den Vitalkapazitätswert beeinflussen können.

Unter den Veränderungen der Vitalkapazität ist bisher eine krankhafte Vergrößerung in der Literatur nicht beschrieben worden. Dagegen gibt es zahlreiche Ursachen, die infolge Behinderung der maximalen In- und Exspirationsbewegung zu einer Verminderung der Vitalkapazität führen. In erster Linie sind hier krankhafte Veränderungen des Brustkorbes (Kyphosen und Skoliosen der Brustwirbelsäule, Thoraxstarre infolge Spondyloarthrosis u. a.) zu nennen. Es kann hierbei zu einer hochgradigen Herabsetzung der thorakalen Atmung kommen. In ähnlichem Sinne wirken auch Brustkorboperationen, z. B. die

Thorakoplastik; die Schwangerschaft kann durch Behinderung der maximalen Inspiration zu einer Herabsetzung der Vitalkapazität führen. Auch reflektorische Vorgänge bei Pleuritis sicca, Rippenfraktur, Peritonitis und bei schmerzhafter Bauchwunde wirken sich infolge Behinderung der Atembewegung auf die Vitalkapazität aus. Bei Pleuritis exsudativa und bei Pneumothorax findet sich ebenfalls eine Einschränkung der Vitalkapazität. Es besteht dabei aber keine quantitative Beziehung zwischen der im Pleuraraum befindlichen Luft- oder Flüssigkeitsmenge und der Abnahme der Vitalkapazität (*Anthony*). Bei Bronchitis, bei Asthma bronchiale, beim Lungenemphysem, bei Pneumonie, bei Tuberkulose der Lungen, Pleuraschwarten und bei Lungentumoren kann es zu einer starken Verminderung der Vitalkapazität kommen. Auf die Veränderung der Vitalkapazität im höheren Lebensalter, ohne daß krankhafte Veränderungen an der Lunge oder am Brustkorb vorliegen, und auf die Möglichkeit der Veränderung der Vitalkapazität durch körperliche Betätigung, sowie auf die Möglichkeit der Verminderung durch beengende Kleidungsstücke sei hier nur kurz hingewiesen. Etwas näher eingegangen sei im Rahmen dieser Arbeit auf die seit einiger Zeit bekannte Tatsache, daß die Vitalkapazität beim Menschen einen indirekten aber guten Maßstab für den Blutfüllungszustand der Lunge abgibt und daß die Vitalkapazität in gewissem Umfange durch die Körperhaltung beeinflußt wird.

Daß die Vitalkapazität als Maßstab für die Schwankungen des Blutfüllungszustandes der Lunge brauchbar ist, ergibt sich aus der Beobachtung, daß sich Blutfülle und Luftgehalt der Lunge gegensätzlich verhalten. Diese Beobachtung wurde zuerst bei Herzkranken mit chronischer Lungenstauung gemacht. Bei Herzkranken mit chronischer Lungenstauung ist die Vitalkapazität im allgemeinen stark vermindert. Die Abnahme der Vitalkapazität beruht dabei mit größter Wahrscheinlichkeit auf der Einschränkung der maximalen In- und der maximalen Exspiration infolge der auf die Lungenstauung zurückzuführenden Lungenstarre im Sinne von *Basch (v. Basch, Siebeck, Knipping, Pratt, Gollwitzer-Meier, Hochrein, Budelmann).*

Zur Untersuchung am gleichen Patienten hat sich die Kontrolle des Grades der Lungenstauung durch in wiederholten Abständen vorgenommene Vitalkapazitätsbestimmungen sehr bewährt *(Pratt, Budelmann).* Eine stärkere Zunahme der Lungenstauung kommt dabei in einer weiteren Abnahme der Vitalkapazität zum Ausdruck, während eine Abnahme der Lungenstauung zu einer Zunahme der Vitalkapazität führen muß. Es hat sich gezeigt, daß die Vitalkapazität z. B. bei einem Herzkranken mit hochgradiger Lungenstauung nach einem großer Aderlaß zunimmt, und daß die Vitalkapazität bei dekompensierten Herzkranken mit Lungenstauung bei zunehmender Besserung der Herzkraft durch entsprechende Behandlung infolge Zurückgehens der Lungenstauung zunimmt. Diese in der Klinik gemachten Beobachtungen, die an sich schon zur Genüge darauf hinweisen, daß die Vitalkapazität als Maßstab für den Blutfüllungszustand der Lunge möglich ist, sind nun in der letzten Zeit noch durch besonders

hierauf gerichtete Untersuchungen bestätigt worden. So nimmt z. B. die Vitalkapazität auch beim gesunden Menschen nach einem ausgiebigen Aderlaß deutlich zu (*Budelmann*). Desgleichen findet sich eine Zunahme der Vitalkapazität beim gesunden Menschen, wenn man durch Stauung der Extremitäten den venösen Abfluß aus diesen behindert, so daß die zirkulierende Blutmenge und damit auch der Blutfüllungszustand der Lunge abnimmt. Umgekehrt nimmt die Vitalkapazität ab, wenn durch starke Wickelung der Extremitäten das Extremitätenblut zentralwärts verdrängt und damit auch der kleine Kreislauf stärker mit Blut gefüllt wird *(Budelmann)*. Nach Adrenalin *(Schulten, Budelmann* und *Lippelt)* und nach großen Dosen Sympatol *(Budelmann)* kommt es zu einer vorübergehenden starken Abnahme der Vitalkapazität der Lunge, die durch eine kurzdauernde Blutüberfüllung der Lunge zu erklären ist. Diese beruht, wie in Übereinstimmung mit tierexperimentellen Beobachtungen gesagt werden kann, auf der besonderen Gefäßwirkung des Mittels. Aus allen diesen Beobachtungen geht eindeutig hervor, daß die Vitalkapazität als indirekter Maßstab für die Schwankungen des Blutfüllungszustandes der Lunge bei Menschen durchaus möglich ist. Vor kurzem von *Budelmann* und *Kunkel* angestellte Untersuchungen haben gezeigt, daß die Vitalkapazität der Lunge auch zunimmt, wenn man gesunde junge Menschen längere Zeit bei aufrechter Körperhaltung und bei einem Mindestmaß von Muskelanstrengung stehen läßt. Es ergab sich bei diesen Untersuchungen die Frage, wie weit diese Zunahme der Vitalkapazität gegenüber der waagerechten Körperhaltung durch die aufrechte Körperhaltung und wie weit durch eine Abnahme des Blutfüllungszustandes der Lunge zu erklären ist. Daß es bei passiver, aufrechter Körperhaltung zu einer Abnahme des Blutgehaltes der Lunge kommen kann, ergibt sich aus der bekannten Tatsache, daß das Herzminutenvolumen bei waagerechter Körperlage größer ist, als im Stehen. Das beruht darauf, daß bei aufrechter Körperhaltung der venöse Rückfluß zum Herzen geringer ist, als im Liegen. Bei möglichst passiver, aufrechter Körperhaltung kann der venöse Rückfluß sogar so stark abnehmen, daß die aufrecht stehende Person kollabiert (orthostatischer Kollaps). Entsprechend der Abnahme des venösen Rückflusses muß auch der Blutgehalt der Lunge abnehmen. Das kommt bei den Versuchen von *Budelmann* und *Kunkel* darin zum Ausdruck, daß die Vitalkapazität, nachdem die aufrechte Körperhaltung eingenommen war, mehr und mehr zunahm, eine Beobachtung, die sich nicht allein aus der durch die aufrechte Körperhaltung gegebenen besseren Atemmechanik erklärt.

Die Untersuchungen von *Budelmann* und *Kunkel* haben nun, wie bereits erwähnt, zu der Frage geführt, wie weit überhaupt eine Änderung der Körperhaltung die Vitalkapazität ändern kann. Mir ist deshalb die Aufgabe gestellt worden, den Einfluß verschiedener Körperstellungen auf die Vitalkapazität der Lunge zu untersuchen. Zu dieser Frage liegen schon einige Beobachtungen vor. Die Vitalkapazität soll im Sitzen ungefähr 5% und im Stehen ungefähr 3,7% größer sein als im Liegen (*Christie* und *Beams, Livingstone, Bockmühl*). Nach *Hassel-*

balch ist die Residualluft durch die Körperstellung nicht zu beeinflussen. Nach Untersuchungen *Anthonys* zeigt die Residualluft im Durchschnitt im Stehen etwas kleinere Werte als im Liegen und im Sitzen. Diese Unterschiede sind aber sehr gering. Die Reserveluft wird in sehr starkem Maße durch die Körperhaltung beeinflußt (*Anthony*). *Panum* fand die Reserveluft im Liegen und Sitzen geringer als im Stehen. *Lovén* konnte eine regelmäßige Veränderung in bestimmter Richtung nicht feststellen. *Bohr* erhielt keine Differenz zwischen Stehen und Sitzen, fand die Reserveluft jedoch im Liegen am geringsten, wobei sich diese Abnahme erst langsam nach dem Hinlegen entwickelte. Die Veränderung der Reserveluft scheint bei Lagewechsel individuell verschieden, bei den einzelnen Versuchspersonen jedoch konstant zu sein. Aus der Änderung der Reserveluft ergibt sich nun auch eine entsprechende Veränderung der Vitalkapazität. Schon geringfügige Veränderungen der Körperhaltung können zu einer Veränderung der Atemlage führen (*Anthony*). Die Komplementärluft, deren Veränderung ebenfalls die Vitalkapazität beeinflussen würde, ist im Liegen am kleinsten und im Sitzen und Stehen am größten (*Anthony*).

Sehr eingehend hat *Stahnke* sich mit dem Einfluß der Lage und der Haltung des Körpers auf die Vitalkapazität der Lunge befaßt. Er hat an einer großen Anzahl von Versuchspersonen das Verhalten der spirometrisch ermittelten Vitalkapazität geprüft. Er fand bei der Mehrzahl seiner Versuchspersonen die größte Vitalkapazität in aufrecht stehender Haltung, die kleinste in Rückenlage. Auch *Lindhard* gibt an, daß Form- und Größenänderung des Thorax von der Körperstellung abhängig sind. *Stigler* fand den In- und Exspirationszug der Atemmuskulatur im Liegen herabgesetzt. Nach *Hofbauer* ist die Tätigkeit der Bauchmuskulatur in Rückenlage nahezu gänzlich ausgeschaltet. Da eine verstärkte Exspiration überwiegend durch die Bauchmuskulatur bewirkt wird, nimmt er an, daß ihrem Ausfall zum größten Teil die Verminderung der Vitalkapazität in Rückenlage zuzuschreiben ist. Dafür scheint nach Ansicht von *Hofbauer* das Verhalten der Vitalkapazität in Bauchlage zu sprechen. Er fand in Bauchlage in 75% der Fälle eine höhere Vitalkapazität als in der Rückenlage. Es kommt nach seiner Ansicht in Bauchlage zu einer maximalen Verwendung der Auxiliarkraft, die die Muskulatur der vorderen Bauchwand für die Expiration bedeutet.

Wir sind der Frage, wie weit die Vitalkazapität der Lunge allein durch die Körperhaltung und Körperlage beeinflußt wird, noch einmal nachgegangen. Die Versuchsanordnung war folgende: Als Instrumentarium wurde ein Trockenspirometer benutzt, als Mundstück ein Glasrohr. Die Nase wurde nur in den Fällen zugeklemmt, in denen die Versuchspersonen nicht lernten, nur durch das Glasrohr auszuatmen. Die Messung der Vitalkapazität erfolgte so, daß nach möglichst tiefer Inspiration mit größer Anstrengung in das Spirometer ausgeatmet wurde. Da ein derartig angestrengtes Atmen bei schneller Aufeinanderfolge ermüden muß, wurde für jede Versuchsperson

zwischen jeder einzelnen Messung eine genügend lange Pause eingelegt. Die Untersuchungen wurden an 50 gesunden Versuchspersonen mittleren Lebensalters angestellt. Die Sollvitalkapazität der Versuchspersonen wurde vorher aus dem Sollgrundumsatz nach den Tabellen von *Benedict,* multipliziert mit dem Faktor 2,4 (*Anthony*), errechnet. Es wurden nur solche Versuchspersonen zu den Untersuchungen herangezogen, deren Vitalkapazität sich um den Wert der Sollvitalkapazität bewegte, und die sich in für diese Untersuchungen ausreichender Form in die Spirometrie „eingearbeitet" hatten. Die Untersuchungen wurden begonnen, nachdem die Versuchspersonen durch einige Probemessungen ungefähr auf einen konstanten Wert ihrer Vitalkapazität eingestellt waren. Die Veränderungen der Körperlage und der Körperhaltung wurden z. T. mit Hilfe eines Klapptisches erreicht. Die Versuchsreihe an einer Person verlief folgendermaßen: Die Vitalkapazität wurde zuerst in Rückenlage auf waagerecht gestelltem Tisch gemessen. Es wurden 3 bis 5 Messungen vorgenommen. Danach erfolgte die Messung im Sitzen mit herabhängenden Beinen. Das Mundstück wurde von der Versuchsperson mit einer Hand gehalten. Dann erfolgten 3 bis 5 Messungen im Stehen, anschließend 3 bis 5 Messungen in Bauchlage und zuletzt erfolgte die Messung in Rückenlage mit passiv erhöhten Beinen. Die Beine lagen ungefähr in einem Winkel von 45 Grad erhöht zur Unterlage.

Die hauptsächlichsten Fehlerquellen bei dieser Versuchsanordnung sind die Übung und die Ermüdung. Um beide zu vermeiden, wurden wie bereits gesagt, genügend lange Pausen zwischen die einzelnen Messungen eingelegt, außerdem wurden die Messungen aber so vorgenommen, daß die einzelnen Lagen aufeinander folgten, wie sie miteinander verglichen werden sollten. Es sind dann die Durchschnittswerte von der Rückenlage mit dem Sitzen, vom Sitzen mit dem Stehen, von der Rückenlage mit dem Stehen, von der Rückenlage mit der Bauchlage und von der Rückenlage mit den Werten bei hochgelagerten Beinen verglichen.

Weiter ist folgendes zu beachten: Wenn die Temperatur im Spirometer z. B. 15 Grad beträgt, so wird das Volumen der hineingeatmeten Luft durch Abkühlung von 37 Grad auf 15 Grad um 15% vermindert (*Bohr*). Das macht bei 3000 ccm 450 ccm aus. Wenn sich nun im Laufe der Untersuchung das Spirometer erwärmt, so wird die Volumenverminderung geringer. Dieselbe Atemmenge erscheint also größer. Man darf deshalb die vergleichenden Untersuchungen nicht über zu lange Zeit ausdehnen, d. h. die einzelnen Versuchsgruppen dürfen nicht zu groß sein. Weiter darf durch die Nase keine Luft entweichen. Zuletzt ist daran zu denken, daß bei allen Versuchsgruppen, soweit irgend möglich, mit derselben Anstrengung ausgeatmet wird.

Wir fanden, abgesehen von kleinen Schwankungen, bei allen Versuchsgruppen eine ziemliche Konstanz der Werte. Um möglichst genaue Ergebnisse zu erhalten, haben wir bei der Zusammenstellung nur Unterschiede verwertet, die über 50 ccm betrugen. Was bis 50 ccm zur positiven oder negativen Seite ausfiel, wurde als gleich gebliebener Wert aufgefaßt.

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen sind in Tabelle I zusammengestellt.

Tabelle I.

Soll	K. V.	Rückenlage	Sitzen	Stehen	Bauchlage	Rückenlage mit erhöhten Beinen
1.	3990	3570	3860	4000	—	3120
2.	3990	3330	3330	3983	—	3200
3.	3990	3800	3900	3950	4033	3400
4.	3962	4966	5010	5400	5262	4850
5.	3962	4770	5433	5525	5626	5150
6.	3552	4680	5275	5300	5200	4700
7.	3784	4200	4575	4600	4500	3860
8.	3559	2750	2820	3000	2932	2775
9.	3698	4640	4900	4830	4762	4600
10.	3770	3933	4150	4300	3966	3787
11.	3770	4016	4066	4183	4033	3933
12.	4384	5375	5816	5950	5766	5400
13.	3770	3700	4033	4050	4050	3666
14.	4341	5412	5566	5666	5800	5583
15.	3681	4000	4466	4533	4350	3933
16.	3566	3550	3812	4100	3775	3600
17.	3566	3782	3900	4200	3877	3562
18.	3566	3500	3783	3983	3700	3550
19.	3952	3366	3671	4116	3800	3800
20.	4118	3430	3400	3630	3530	3350
21.	4118	3650	3900	4050	4000	3583
22.	3559	3116	3116	3270	3150	3116
23.	4366	4180	4083	4263	4170	3813
24.	4118	3233	3600	3583	3600	3466
25.	3472	2816	3233	3200	3133	2883
26.	3884	3800	4433	4433	4300	3866
27.	4041	4266	4433	4350	4174	3766
28.	4250	4300	4600	4600	4266	4233
29.	3823	3950	4233	4316	4400	4033
30.	3823	4266	4133	4200	4316	4100
31.	3884	4000	4216	4500	4300	3950
32.	4250	4475	4703	4666	4783	4600
33.	4869	5000	5988	6083	5833	5533
34.	3548	4000	4350	4600	3866	3633
35.	3548	3983	4383	4550	4050	3650
36.	3036	3333	3400	3700	2800	3200
37.	3884	3933	4250	4500	4400	3950
38.	3784	3833	4100	4083	3966	3750
39.	3888	3412	3450	3666	3750	3366
40.	4200	4700	5180	5220	5075	4966
41.	3390	3566	3866	3766	3700	3533
42.	3884	3750	3816	3866	3950	3600

Soll	K. V.	Rückenlage	Sitzen	Stehen	Bauchlage	Rückenlage mit erhöhten Beinen
43.	3390	3706	4066	4166	3900	3700
44.	3888	3883	4212	4333	4333	3950
45.	3784	3666	3913	4000	3883	3713
46.	3784	3833	4366	4350	3900	3766
47.	3362	2925	3166	3425	3266	2933
48.	3450	3633	3735	3850	3483	3450
49.	3608	3400	3750	3833	3666	3550
50.	3451	3425	3500	3650	3400	3250

Aus Tabelle II ergeben sich die durchschnittlichen Differenzwerte, die beim Vergleich der bei den einzelnen Versuchsgruppen gemessenen Vitalkapazitätswerte errechnet wurden.

Tabelle II.

Vergleich der Körperlagen untereinander	Zunahme			Abnahme		Keine Änderung in Fällen
	Zahl der Versuche	Fälle	durchschn. Diff. in ccm	Fälle	durchschn. Diff. in ccm	
Rückenlage — Sitzen	50	45	324	3	212	2
Sitzen — Stehen	50	40	172	7	103	3
Rückenlage — Stehen	50	49	496	1	315	0
Rückenlage — Bauchlage	48	40	318	5	293	3
Rückenlage — Beine hochgelagert	50	5	253	39	186	6

Vergleich Rückenlage—Sitzen.

Unsere Untersuchungen hatten folgende Ergebnisse: Von 50 Versuchspersonen zeigten 45 im Sitzen eine größere Vitalkapazität als in Rückenlage. Die durchschnittliche Differenz betrug 324 ccm. Bei 3 Personen zeigte sich eine durchschnittliche Abnahme der Vitalkapazität, beim Übergang von der Rückenlage zum Sitzen, von 212 ccm. Bei 2 Versuchspersonen zeigte sich keine Änderung.

Vergleich Sitzen—Stehen.

Von 50 Versuchspersonen zeigten 40 im Stehen eine größere Vitalkapazität als im Sitzen. Die durchschnittliche Differenz betrug 172 ccm. 7 Personen zeigten im Stehen einen niedrigeren Vitalkapazitätswert als im Sitzen. Die durchschnittliche Differenz betrug 103 ccm. In 3 Fällen zeigte sich keine Änderung.

Vergleich Rückenlage—Stehen.

Von 50 Personen nahm die Vitalkapazität gegenüber der Rückenlage bei 49 Personen im Stehen um durchschnittlich 496 ccm zu. Bei einem Fall nahm sie um 315 ccm ab. In keinem Fall zeigte die Vitalkapazität im Stehen den gleichen Wert wie in Rückenlage.

Vergleich Rückenlage—Bauchlage.

Von 48 Versuchspersonen nahm die Vitalkapazität bei 40 Personen in der Bauchlage gegenüber der Rückenlage um durchschnittlich 318 ccm zu. Bei 5 Personen nahm sie um durchschnittlich 293 ccm ab. Bei 3 Personen zeigte sich kein Unterschied zwischen den in Rücken- und in Bauchlage gemessenen Werten.

Vergleich einfache Rückenlage und Rückenlage mit erhöhten Beinen.

Von 50 Versuchspersonen zeigte die Vitalkapazität in Rückenlage mit Hochlagerung der Beine bei 5 Personen eine durchschnittliche Zunahme um 253 ccm, bei 39 Versuchspersonen dagegen eine Abnahme um durchschnittlich 186 ccm. Bei 6 Fällen zeigte sich keine Änderung.

Aus den Untersuchungen ergibt sich zusammenfassend folgendes: Der größte Vitalkapazitätswert wurde bei weitaus der größten Zahl der untersuchten Personen in aufrecht stehender Haltung gemessen, der kleinste Vitalkapazitätswert in Rückenlage mit erhöhten Beinen. Wenn man von dieser letzten praktisch für die Vitalkapazitätsmessung nicht in Frage kommenden Körperhaltung absieht, findet sich der niedrigste Vitalkapazitätswert in der einfachen Rückenlage. Über ähnliche Ergebnisse berichten *Bohr, Lovén, Panum, Rohrer, Stahnke* und *Hofbauer*. Ein Vergleich der einzelnen Versuchsgruppen zeigt, daß die Vitalkapazität am stärksten beim Übergang von der Rückenlage zum Stehen zunimmt, daß sich aber auch in den meisten Fällen eine Zunahme beim Übergang von der Rückenlage zum Sitzen und in die Bauchlage findet. Ein deutlicher Unterschied besteht noch zwischen den Vitalkapazitätswerten im Sitzen und Stehen. Bemerkenswert ist die Zunahme der Vitalkapazität in Bauchlage gegenüber der Rückenlage und die Abnahme der Vitalkapazität in Rückenlage mit erhöhten Beinen gegenüber der einfachen Rückenlage.

Was können wir aus diesen Untersuchungsergebnissen schließen? Durch einen Vergleich der Vitalkapazitätswerte in Rücken- und Bauchlage kommt man zu folgender Überlegung: Die Ursache für den Unterschied wird zum größten Teil in der durch die Bauchlage gegebenen Verbesserung des Exspirationsmechanismus zu suchen sein. Nach *Hofbauer* ist die Tätigkeit der Bauchmuskulatur in Rückenlage nahezu gänzlich ausgeschaltet. Da die verstärkte Exspiration überwiegend durch die Bauchmuskulatur bewirkt wird, dürfte ihrem Ausfall der gegenüber der Bauchlage geringere Wert der Vitalkapazität in Rückenlage zuzuschreiben sein. Die Muskulatur der vorderen Bauchwand bedeutet für die Exspiration eine erhebliche Auxiliarkraft, die in Bauchlage erheblich Verwendung findet. Hieraus erklären sich die in Bauchlage höheren Vitalkapazitätswerte als in Rückenlage. Auch die in Rückenlage mit erhöhten Beinen gemessenen, gegenüber der gewöhnlichen Rückenlage erniedrigten Vitalkapazitätswerte, scheinen hierfür zu sprechen. In dieser Lage wird die Auxiliarkraft der Bauchmuskulatur offenbar in noch stärkerem Grade ausgeschaltet als in gewöhnlicher Rückenlage. Wie weit die auxiliären Atemkräfte die Vital-

kapazitätswerte beeinflussen können, ergibt sich auch aus einem Vergleich der Untersuchungen in Rückenlage mit denen im Sitzen und Stehen. Es ist eine bekannte Tatsache, daß die aufrechte Körperhaltung der Rücken- und Bauchlage in ihrem größtmöglichen Atemvolumen überlegen ist. Hieraus erklären sich auch unsere im Sitzen und im Stehen gegenüber der Rückenlage besonders erhöhten Vitalkapazitätswerte. Die in Bauchlage gemessenen Vitalkapazitätswerte scheinen dabei ungefähr denen zu gleichen, die im Sitzen mit frei hängenden Beinen gemessen wurden.

Es könnte bei unseren Versuchsergebnissen noch die Frage auftauchen, wie weit durch die Änderung der Körperhaltung der Blutfüllungszustand der Lunge beeinflußt ist und wie weit sich hieraus die Änderungen der Vitalkapazitätswerte erklären lassen. Hierzu ist zu sagen, daß eine Änderung des Blutfüllungszustandes der Lunge durch verschiedene Körperhaltung, wie zahlreiche Untersuchungen ergeben haben, nur dann zu erwarten ist, wenn diese Änderung der Körperhaltung möglichst passiv eingenommen und möglichst lange eingehalten wird. Hiervon kann bei unseren hier besprochenen Untersuchungen nicht die Rede sein. Die Änderung der Körperhaltung wurde von den Versuchspersonen aktiv vorgenommen, und die einzelnen Körperhaltungen wurden auch in relativ kurzer Zeit nacheinander eingenommen. Einen nennenswerten Einfluß möchten wir bei unserer Versuchsanordnung der Änderung des Blutfüllungszustandes der Lunge auf die Änderung der Vitalkapazitätswerte nicht zusprechen. Bei unserer Versuchsanordnung käme dieser Einfluß höchstens für die einfache Rückenlage mit erhöhten Beinen in Frage, bei der ein vermehrter Blutstrom zur oberen Körperhälfte vermutet werden kann. Die Zunahme der Vitalkapazität in Bauchlage gegenüber der einfachen Rückenlage kann keinesfalls mit einer Änderung des Blutfüllungszustandes der Lunge erklärt werden, da es sich hierbei ja in beiden Fällen um die waagerechte Körperlage handelt. Wir möchten bei unserer Versuchsanordnung für die Änderung der Vitalkapazitätswerte in den verschiedenen Körperlagen überwiegend dem verschieden starken Eintreten der auxiliären Atemkräfte die Hauptrolle zusprechen.

Für den Fall, daß an ein und demselben Menschen aus bestimmten Gründen an mehreren Tagen fortlaufend die Vitalkapazität gemessen werden soll, ergibt sich aus unseren Untersuchungen, daß abgesehen von den, für den einzelnen Menschen bekannten Tagesschwankungen der Vitalkapazität, unter allen Umständen die Kontrolluntersuchungen immer bei gleicher Körperhaltung durchgeführt werden müssen.

Herrn Prof. Dr. W e i t z erlaube ich mir, für die liebenswürdige Überlassung des Themas und Herrn Doz. Dr. B u d e l m a n n für die freundliche Unterstützung bei der Arbeit meinen ergebensten Dank auszusprechen.

LITERATUR.

Anthony, A. J.: Funktionsprüfung der Atmung. Joh. Ambr. Barth. Leipzig 1937.

Basch: Pflüger Arch., Bd. 76, S. 356. 1920.

Bockmühl: Beitr. z. Klin. d. Tbc., Bd. 65, S. 723. 1927.

Bohr: Arch. f. klin. Med., Bd. 88. 1907.

Bohrer: Handb. d. normalen und pathologischen Physiologie. Bd. 2. Atmung.

Budelmann: Kli. Wo. 1937. Nr. 37, S. 1270.

— 1937. Nr. 20, S. 704.

— Kli. Wo. 1937. Nr. 49, S. 1711.

— D. M. W. 1937. Nr. 29, S. 1105.

— Kli. Wo. 1938. Im Druck.

— Verhandlungen der deutschen Gesellschaft für Kreislaufforschung. 1938. Im Druck.

— Verhandlg. d. deutsch. Gesell. f. innere Med. 1935.

— M. M. W. 1935. Nr. 2, S. 52.

— Zeitschr. f. klin. Med. 1934. Bd. 127, S. 15.

Christie und *Beams:* Zit. nach Anthony.

Gollwitzer-Meier: Klin. Wo. 1931. Nr. 8.

Hasselbalch: Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. 93, S. 64.

Hofbauer: Atmungspathologie und Therapie. Julius Springer. 1921.

Hochrein: Verhandlungen d. deutschen Gesell. f. Kreislaufforschung. 1935.

Hutchinson: Zit. nach Anthony.

Lindhard: Handb. d. biolog. Arbeitsmethoden. Abderhalden Abteilg. V. Atmung. H. 6. Abteilg. IV. Teil 10.

Livingstone: Zit. nach Anthony.

Lovén: Zit. nach Bohr.

Knipping: Beitr. z. klin. Tbc. Bd. 79, H. 1.

Panum: Pflügers Arch., Bd. 1, S. 125. 1868.

Pratt: Amer. J. med. Soc. 164. 819.

Schulten, Budelmann und *Lippelt:* Kli. 1933. Nr. 26.

Siebeck: Deutsch. Archiv f. klin. Med., Bd. 100, S. 60.

Stahnke: Z. f. d. ges. physikal. Therapie. 1926. Bd. 32, S. 48.

Stiegler: Hdb. d. biol. Arbeitsmethoden v. Abderhalden. V. Atmung.

LEBENSLAUF.

Ich wurde als Tochter des Reichsbahnoberinspektors Robert Starck und seiner Ehefrau Elsbeth Starck, geb. Finnern, am 25. Mai 1910 in Hamburg geboren. 1931 bestand ich extern meine Reifeprüfung vor der Prüfungskommission der Oberschulbehörde. Ab Ostern 1932 studierte ich in Hamburg Medizin. Hier bestand ich im Herbst 1933 das Vorphysikum und Ostern 1935 das Physikum. Das erste klinische Semester blieb ich in Hamburg, ging dann ein Semester nach Freiburg, um die restlichen klinischen Semester wieder in Hamburg zu hören.

Seit dem 1. April 1938 befinde ich mich im Staatsexamen.

Ursula Starck.